

Lista II - SPICE

Grupo: Odeio Jiló
José Carlos Ferreira RA: 170860
Leandro Setsuo Watanabe RA: 171860
Matheus Freire Rodrigues RA: 174533
Murillo Jeronimo Capodaglio RA: 174949
Turma U

1 No circuito abaixo identifique as seguintes partes: Fontes de Corrente, Carga Ativa e Estágio de Entrada.

O estágio de entrada é a o compreendido pelo transistor $M5$ no qual calcula-se a corrente de referência sobre $M6$, a carga ativa é a fonte de corrente com tensão $-V_{SS}$ e existem duas fontes compreendidas pelos espelhos formados pelos $M3$ e $M4$ e por $M6$ e $M7$.

2 Calcule o valor de R_1 para que a corrente de referência (I_{REF}) seja $10\mu A + "ef" \times 10^{-7}$.

Conforme exigido pela especificação e de acordo com o RA mais alto: 174949 e fazendo as equivalências de Algarismos, temos $ef = 49$, assim, fazendo I_{REF} como $I_{REF} = 10\mu A + 49 \cdot 10^{-7} = 14.9\mu A$, como I_{REF} é a corrente que passa sobre $M5$, então temos que:

$$I_{REF} = \frac{1}{2} K n' \frac{W}{L} (V_{ov})^2$$

Sabendo que $L = 1\mu m$ e fazendo com que $W = 10\mu m$, temos que:

$$(V_{ov})^2 = \frac{2I_{REF}}{Kn'(\frac{W}{L})}$$

Substituindo:

$$V_{ov} = \sqrt{\frac{2 \cdot 14.9 \cdot 10^{-6}}{10 \cdot 10^{-5}}} = 0.5459V$$
$$V_{GS} = V_{ov} + V_t = 0.5459 + 0.5 = 1.0459V$$

Fazendo:

$$R = \frac{2 \cdot V_{CC} - 2 \cdot V_{GS}}{I_{REF}} = \frac{15 - 2 \cdot (1.0459)}{14.9 \cdot 10^{-6}} = 867K\Omega$$

3 Dimensione o primeiro estágio para um ganho de tensão total de $100 + \text{"cd"}$.

Novamente de acordo enunciado e o RA escolhido, fazendo as substituições, chegamos que:

$$A_v = 149(V/V)$$

$$I_7 = I_{REF} = 14.9\mu A$$

$$\lambda = 0.01$$

$$W_7 = 10\mu m$$

Utilizando a forma geral de se calcular a corrente que passa por um MOS, assim:

$$I_{D2} = \frac{1}{2} K n' \left(\frac{W}{L} \right)_2 V_{ov2}^2 \rightarrow V_{ov2}^2 = \frac{2I_{D2}}{K n' \left(\frac{W}{L} \right)_2}$$

Da mesma forma utilizando a dependência entre A_v e V_{ov} , temos que:

$$A_v = \frac{2I_D}{V_{ov2}} \cdot \left(\frac{1}{\lambda_p + \lambda_n} \right) \cdot \frac{1}{I_D} \rightarrow V_{ov2} = \frac{2}{A_v \cdot (\lambda_p + \lambda_n)}$$

$$V_{ov2} = \frac{2}{149 \cdot (0.02)} = 0.671V$$

Em mãos de V_{ov2} e considerando $I_6 = I_7$ e assim, $I_2 = I_4 = \frac{I_6}{2} = \frac{I_{REF}}{2}$, dessa forma, isolando e substituindo, temos:

$$\left(\frac{W}{L} \right)_2 = \frac{2I_{D2}}{K p' V_{ov}^2} = \frac{2(7.45 \cdot 10^{-6})}{10^{-5} \cdot (0.671)^2} = 3.31$$

$$L = 1\mu m \rightarrow W = 3.31\mu m$$

4 Conclusão

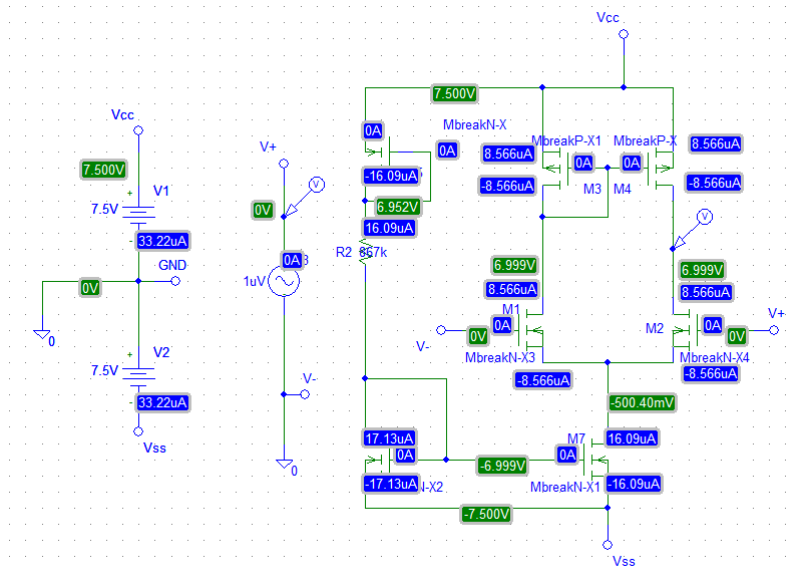


Figura 1: Circuito montado

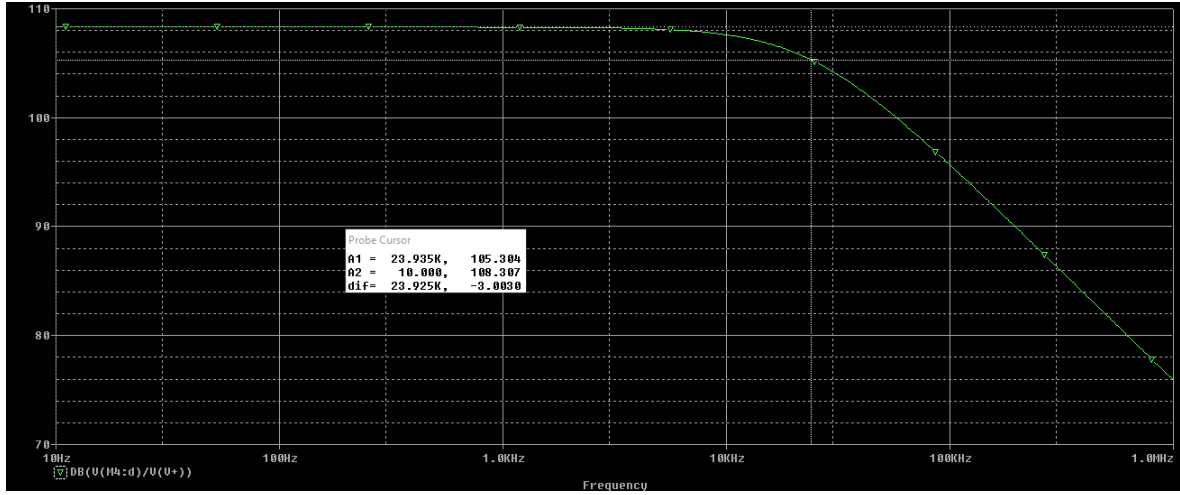


Figura 2: Diagrama de Bode da magnitude

Observamos que a corrente indicada que passa no resistor, que seria a I_{REF} , não equivale a corrente do enunciado que foi escolhida de acordo com o maior RA do grupo, com uma diferença de 7.4%, isso podem ser características do software, ou seja, alguma configuração mal feita ou alguma característica mal calculada.

A título de curiosidade fizemos uma investigação um pouco mais minuciosa, como no cálculo de R temos como variáveis as tensões V_{CC} e V_{GS} , podemos inferir que, no cálculo envolvido, o V_{ov} é a variável que influencia no valor final, já que ele é dependente de I_{REF} , Kn' e $(\frac{W}{L})$ como a única variável não especificada é $(\frac{W}{L})$, então a única fonte de variação é justamente aqui.

Observamos pela figura 2, que a frequência de corte é de 23.935KHz, aplicando a correção sobre o resistor de referência R para obtermos a corrente I_{REF} desejada, podemos ver uma frequência de corte de 22.429KHz (figura 3), o que representa uma diferença de algumas centenas de Hz.

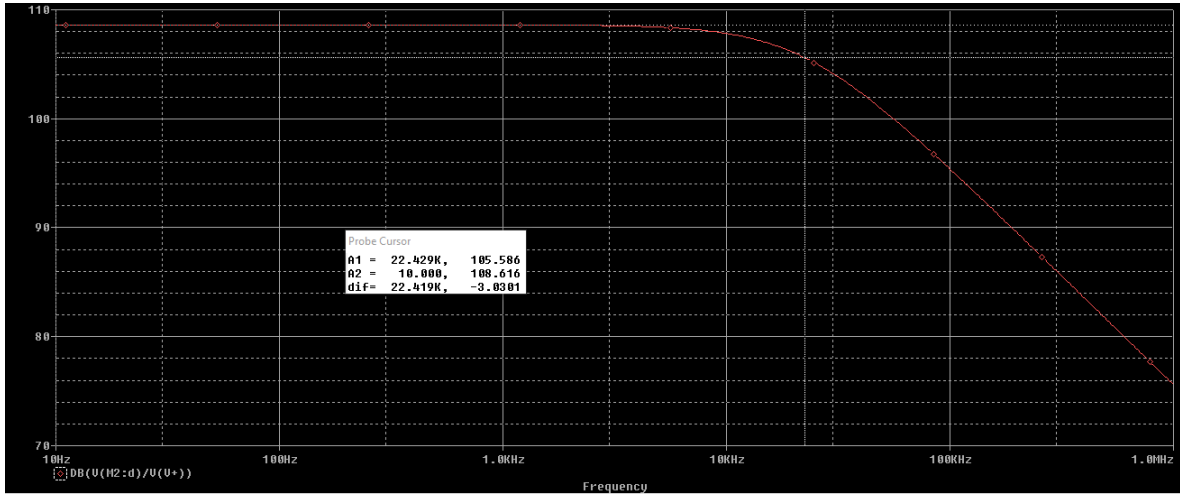


Figura 3: Diagrama de Bode com o resistor corrigido

$$R = \frac{2 \cdot V_{CC} - 2 \cdot V_{GS}}{I_{REF}} \rightarrow V_{GS} = \frac{R \cdot I_{REF} - 2 \cdot V_{CC}}{-2} = \frac{(931000 \cdot 14.9 \cdot 10^{-6}) - 2 \cdot 7.5}{-2} = 0.56V$$

$$V_{ov} = V_{GS} - V_t = 0.5641 - 0.5 = 0.0641 \rightarrow \frac{W}{L} = \frac{2 \cdot I_{REF}}{kn' \cdot (V_{ov})^2} = \frac{2 \cdot 14.9 \cdot 10^{-6}}{(10 \cdot 10^{-6}) \cdot (0.0641)^2} = 725.27$$

$$W = 752.27 \cdot 1\mu m = 752.27\mu m$$

Mas isso seria um transistor muito grande, o que talvez nos mostre que o transistor utilizado não se mostrou adequado pra nossa corrente.